



Ricerca di Sistema elettrico

Realizzazione di un caricabatterie reversibile

Antonino Genovese, Francesco Vellucci

REALIZZAZIONE DI UN CARICABATTERIE REVERSIBILE

Antonino Genovese, Francesco Vellucci (ENEA)

Settembre 2013

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2012

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: Prodotti e processi per il miglioramento dell'efficienza energetica nell'elettromobilità

Obiettivo: Ricarica rapida in c.a.

Responsabile del Progetto: Antonino Genovese, ENEA

Si ringraziano tutti i colleghi ENEA che hanno fattivamente collaborato alla realizzazione delle attività.

Indice

SOMMARIO.....	4
INTRODUZIONE.....	5
1 SPECIFICHE TECNICHE PER LA REALIZZAZIONE	7
1.1 REQUISITI DI CARATTERE GENERALE PER LA RICARICA	8
2 SPECIFICHE GENERALI	9
2.1 COMPONENTI PRINCIPALI	9
2.2 DESCRIZIONE DEL FUNZIONAMENTO	9
2.3 MODALITÀ DI RICARICA DELLA BATTERIA	9
2.4 MODALITÀ DI ALIMENTAZIONE DEL MOTORE	9
2.5 UNITÀ DI CONTROLLO.....	9
2.6 DESCRIZIONE HARDWARE	9
2.7 RICARICA DELLA BATTERIA	10
2.8 ALIMENTAZIONE DEL MOTORE.	10
2.9 INTERFACCIA UTENTE E IMPOSTAZIONI FUNZIONALITÀ	10
2.10 DIMENSIONI E PESI.	11
3 REALIZZAZIONE DEL CARICABATTERIE REVERSIBILE	11
4 CONCLUSIONI.....	15
5 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	15

Sommario

La ricarica rapida è già attuata in corrente continua con modalità standardizzate di fatto e veicoli commerciali già adesso sono in grado di offrire questa possibilità. Ovviamente la ricarica rapida di questo tipo deve prevedere una stazione di ricarica in grado di fornire una potenza utile adeguata alla taglia del sistema di accumulo, e quindi una elettronica di potenza commisurata alle sue dimensioni. Questa elettronica è quindi collocata a terra ed il trasferimento al sistema di accumulo avviene con opportune connessioni e protocolli di comunicazione tra veicolo e sistema di ricarica. Una stazione "light" è invece possibile qualora si provvedesse a bordo alle operazioni di raddrizzamento e modulazione della potenza prelevata dalla rete elettrica. Un quadro operativo di tale aspetto risulta di maggior interesse qualora si possa utilizzare il sistema di azionamento di bordo per le necessità di ricarica delle batterie. La bi direzionalità è un parametro già presente nei sistemi di regolazione della potenza per i motori al seguito delle necessità del recupero in frenata. L'estensione di queste caratteristiche anche alle operazioni di ricarica dalla rete consente lo sviluppo di un sistema compatto in grado di eseguire la doppia funzione. Facendo seguito a quanto già sviluppato nella precedente annualità si è provveduto a realizzare un dispositivo integrale di caricabatterie/azionamento motore. Di seguito sono riportate le indicazioni relative alla definizione del profilo circuitale e delle prestazioni previste.

Introduzione

La IEC-EN 61851-1 descrive le possibili tipologie di ricarica attuabili per i veicoli elettrici. In particolare la ricarica nel modo 3 e nel modo 4 sono quelle che approssimano la possibilità di una ricarica veloce. Il modo 4 affronta la problematica della ricarica in c.c. (corrente continua) con correnti sino a 200 A e tensioni di 400 V. Questo richiede la realizzazione di una stazione di ricarica che a terra provveda alla generazione della continua ed al suo trasferimento al sistema di accumulo a bordo con opportune procedure e linee di controllo per la sicurezza. Il protocollo CHAdeMO è uno degli standard di fatto che si sono costituiti grazie alle alleanze tra industrie del settore automobilistico. Altri standard sono in concorrenza con CHAdeMO per la ricarica rapida in c.c. come quello dell'industria tedesca che punta a farlo divenire lo standard di riferimento europeo. In entrambi i casi la soluzione della ricarica rapida in c.c. deve provvedere alla collocazione delle apposite stazioni in aree dedicate in modo da renderle disponibili per i veicoli che necessitano di un "pieno" di energia.

Un diverso approccio è quello di provvedere alla ricarica del veicolo elettrico tramite il modo 3 della IEC-EN-61851-1, ossia utilizzando una ricarica in corrente alternata (c.a.) e ponendo direttamente a bordo del veicolo il caricabatterie. Il modo 3 prevede la possibilità di ricarica in ambiente pubblico e/o domestico con modalità che può essere lenta ma anche veloce (con tempi tra 30 minuti ed 1 ora). La connessione alla rete è attuata con collegamento diretto del veicolo alla rete elettrica utilizzando un cavo specifico corredato di conduttore pilota e di spine particolari. Il sistema di sicurezza PWM è direttamente implementato nella colonnina di ricarica lato presa c.a. E' possibile realizzare sistemi di ricarica a 63 A 400 V.

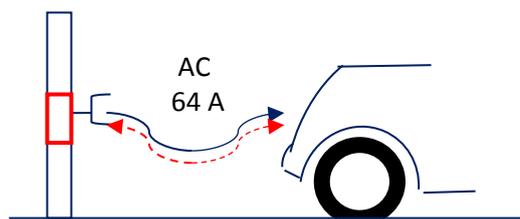


Figura 1. Ricarica in modo 3

Dal momento che i veicoli elettrici a batteria (Battery Electric Vehicle BEV) non funzionano mai contemporaneamente nelle modalità "alimentazione" e "trazione", l'invertitore di trazione può fungere da caricabatteria ad alta potenza quando il veicolo è in sosta e da controllore della macchina elettrica quando il veicolo è in marcia, con una opportuna riconfigurazione delle due funzioni. La riconfigurazione avviene per mezzo di deviatori e/o interruttori, comunemente di tipo elettromeccanico, e può anche utilizzare gli avvolgimenti del motore di trazione per svolgere il ruolo di induttori di disaccoppiamento verso la rete. I caricabatteria realizzati secondo questo approccio sono chiamati "caricabatteria integrali" e hanno il merito di ridurre l'elettronica di potenza a bordo dei BEV.

In effetti, i moderni BEV sono spinti da motori trifase a corrente alternata, di tipo sincrono o asincrono, alimentati da invertitori trifase che sostanzialmente sono convertitori cc-ca bidirezionali, dove la bidirezionalità è già attivamente utilizzata nella fase di frenatura a recupero per la ricarica delle batterie. La principale differenza funzionale tra l'invertitore di un normale azionamento di trazione ed un caricabatteria "integrale" è che nel secondo la funzione di ricarica delle batterie è gestita tenendo conto, oltre che degli aspetti termici legati alla maggior durata di una ricarica da rete rispetto a quella di una frenata, anche della necessità di evitare la propagazione di disturbi in rete.

In prosecuzione delle attività sviluppate nell'annualità 2011-2012, per quest'anno è stata prevista la realizzazione e la sperimentazione di un caricabatteria "integrale" a partire dal progetto sviluppato dall'Università di Padova nella scorsa annualità.

Il caricabatteria "integrale" è sostanzialmente un inverter in "reverse mode", Figura 2, che integra due funzioni: quella di alimentazione e controllo della M.E. (Macchina elettrica) durante la marcia controllante un flusso di energia elettrica dalla sorgente in continua verso il motore e quella di ricarica dell'accumulo elettrico nelle soste, con un flusso di energia elettrica dalla rete verso l'accumulo, così da evitare il maggior costo di un caricabatteria ad alta potenza in AC.

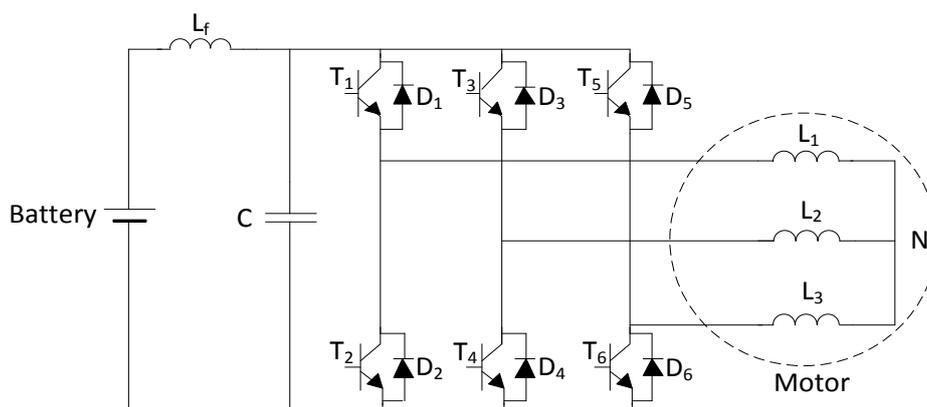


Figura 2. Schema generale inverter bidirezionale

Utilizzando al meglio l'inverter di trazione, la potenza di un caricabatteria integrale è rapportabile alla potenza dell'inverter. Poiché le potenze di dimensionamento degli inverter di trazione sono generalmente molto maggiori delle potenze dei caricabatteria attualmente installati a bordo dei BEV, ne deriva che i caricabatteria integrali sono in grado di caricare gli accumulatori con potenze elevate che possono anche essere pari al valore richiesto per eseguirne la carica rapida.

L'accumulatore, e di conseguenza l'inverter di trazione e il motore, operano in genere a tensioni diverse, spesso minori, della tensione di rete raddrizzata. Inoltre i dispositivi dell'inverter di trazione sono dimensionati per prefissati valori di corrente efficace e massima. Pertanto, nel riconfigurare l'inverter di trazione e/o nell'utilizzare le induttanze del motore, è necessario tenere conto dei vincoli imposti dalle caratteristiche elettriche dei componenti a disposizione, principalmente in termini di tensioni e correnti ammissibili.

Come mostra la Figura 2, tra l'accumulatore e l'inverter di trazione è spesso impiegato un circuito LC per attenuare l'ondulazione della corrente che circola nell'accumulatore. L'azione si svolge in due fasi: un livellamento di tensione eseguito dal condensatore e uno spianamento di corrente eseguito dall'induttore. Le operazioni di livellamento della corrente sono utili non solo durante la fase di erogazione della potenza dal sistema di accumulo al motore ma anche durante la carica dell'accumulatore svolgendo una analoga azione di attenuazione dell'ondulazione della corrente proveniente dal ponte e diretta all'accumulo.

Il caso di studio preso inizialmente in esame per la determinazione dei parametri progettuali è il Ducato, un veicolo commerciale leggero puramente elettrico prodotto da Fiat SpA ed elettrificato da Micro-vett SpA. Il powertrain è formato da un accumulatore e da un azionamento di trazione, composto a sua volta da un inverter trifase e da un motore asincrono.

Purtroppo rispetto alle condizioni iniziali prese in esame l'uscita dal mercato dell'azienda, avvenuto a febbraio del 2013, ha costretto a modificare le specifiche iniziali, ipotizzando un powertrain costituito da un motore asincrono da 30 kW nominali ed una batteria Li-Io ad alta tensione (400 V), già disponibile in laboratorio, precedentemente fornitaci da ENEL per l'effettuazione di prove di ricarica rapida. La possibilità di disporre di un inverter progettato "ad hoc" per quest'applicazione agevola le prove perché il campo specificato per la tensione nominale dell'invertitore sarà determinato dal campo di variazione della tensione dell'accumulatore, che è un dato di ingresso (215 V - 400 V).

In un secondo momento, l'acquisizione, nell'ambito di un diverso progetto, di una autovettura Nissan Leaf ci ha suggerito di verificare la possibilità di utilizzo del caricabatteria "reversibile" per prove di ricarica rapida sull'autovettura con la colonnina "Fast recharge" di ENEL in c.a. .

1 Specifiche tecniche per la realizzazione

In questo capitolo si riassumono i risultati ottenuti nella progettazione di massima del caricabatteria eseguita nella annualità precedente e si forniscono le specifiche tecniche per i componenti dei sottosistemi di potenza che formano l'impianto di ricarica, adattate alle specifiche della batteria.

Lo schema circuitale generale è disegnato in Figura 3.

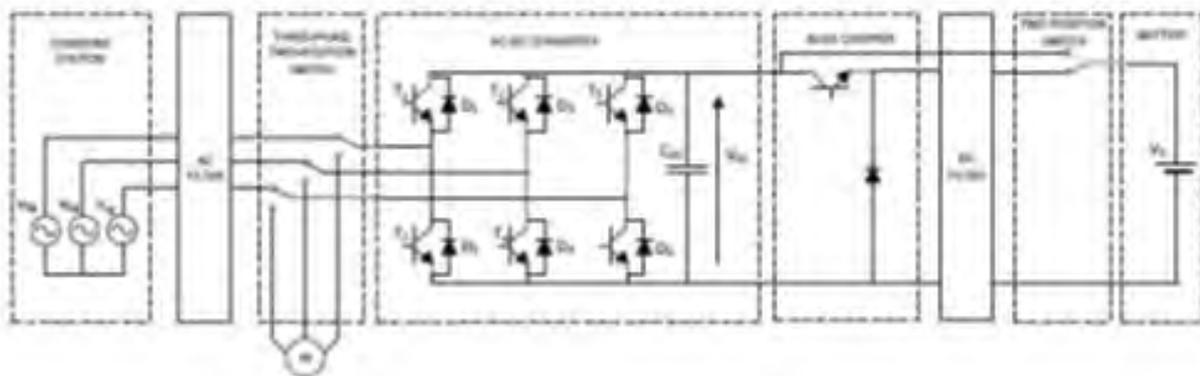


Figura 3 . Schema di principio del caricabatteria integrale

La soluzione del caricabatteria integrale deve rispecchiare una topologia basata su una serie di blocchi che specificatamente provvedono alle funzioni di interfaccia con la rete e con il sistema di accumulo oltre ad erogazione modulata della potenza al motore. Nella figura 3 sono evidenziati da destra verso sinistra i diversi blocchi :

- Sistema di accumulo del veicolo;
- Circuito di commutazione inverter/caricabatteria;
- DC/DC tipo buck;
- Ponte raddrizzatore controllato attivabile in modalità diretta e inversa;
- Contattore per commutazione rete/motore;
- Filtro AC;
- Rete di alimentazione per ricarica batteria.

Lo stadio di controllo deve prevedere la funzione di controllo della ricarica con interconnessione al BMS (Battery management System), il controllo della ricarica implementando quanto previsto nel modo 3

secondo la relativa normativa, l'interfaccia uomo/macchina per le informazioni di servizio e di sicurezza, il collegamento ad un PC remoto per le operazioni di controllo e setting dei parametri.

1.1 Requisiti di carattere generale per la ricarica

Il caricabatterie deve rispondere al modo di ricarica 3, con connettore di Tipo 2. Lo standard di riferimento è la norma CE EN 61851-1. Altri aspetti di natura rilevante per la sicurezza sono riportati nelle ISO 6469-2 e ISO 6469-3.

Il connettore tipo 3 è in uso sia sulle stazioni di ricarica, sia sui veicoli. Inoltre è un connettore utilizzabile anche in corrente trifase a 400 V, particolarmente idonea in Europa, dove la distribuzione trifase è ampiamente diffusa (questo connettore, perciò, dispone di sette contatti in totale). Con il connettore tipo 2 è possibile raggiungere valori di potenza di ricarica abbastanza elevati: con cavo fisso fino a 43 kW (63 A/400 V, la cosiddetta ricarica "fast AC"), con cavo staccabile fino a 22 kW (32 A/400 V). In figura 4 viene sinteticamente indicata la possibile scelta tra i vari connettori per la ricarica in AC mentre in figura 5 è mostrata in maggior dettaglio il sistema presa-spina tipo 2.

Il connettore di tipo 2 è quello ufficialmente raccomandato dall'ACEA (European Automobile Manufacturers' Association) e recentemente scelto dalla Commissione Europea come standard unico nei Paesi membri.

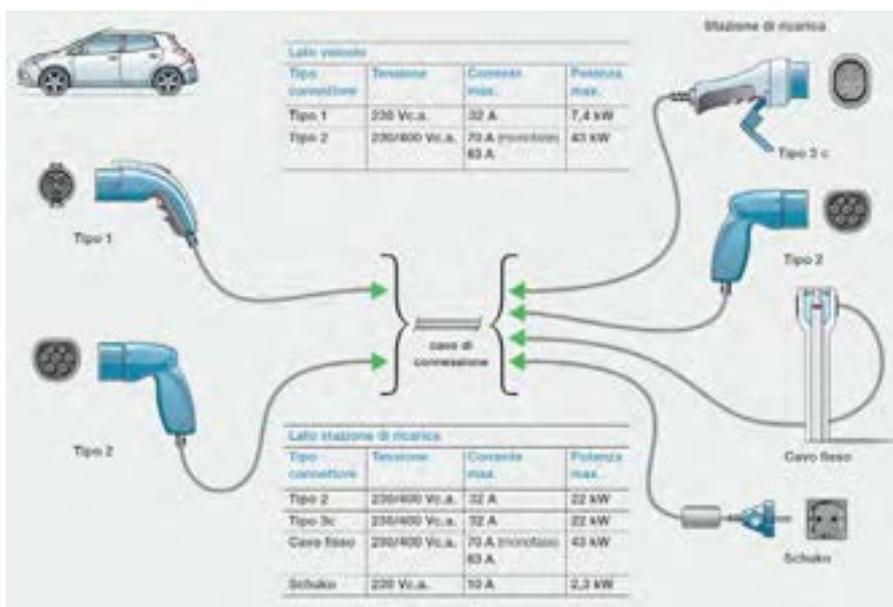


Figura 4. Tipi di collegamenti AC



Figura 5. Connettore tipo 2

2 Specifiche generali

Per la realizzazione del caricabatterie integrale sono state individuate le specifiche cui deve rispondere il dispositivo. Queste caratteristiche derivano da quanto già indicato dagli sviluppi dell'annualità precedente.

2.1 Componenti principali

I principali componenti del caricabatterie integrale sono : filtro AC , convertitore AC - DC buck chopper , filtro DC, unità di controllo con scheda di controllo e pannello di controllo .

2.2 Descrizione del funzionamento

Il caricabatteria "integrato" (IBC) ha due modalità operative: ricarica della batteria e controllo della macchina elettrica. La modalità di funzionamento viene selezionata dall'utente attraverso il pannello di controllo. Effettuata la selezione , la scheda di controllo riconfigura la topologia di circuito di IBC con l'aiuto di interruttori elettromeccanici e adegua le leggi di controllo alla modalità di funzionamento selezionata .

2.3 Modalità di ricarica della batteria

Il convertitore AC-DC opera come un raddrizzatore attivo e regola la tensione al valore di riferimento, assorbendo la corrente corretta dalla stazione di ricarica. La tensione lato AC del raddrizzatore attivo viene comandata con la tecnica di modulazione dell 'ampiezza di impulsi (PWM) di tipo vettoriale (SVM PWM).

Il chopper-buck alimenta la batteria con la corrente di carica. Il riferimento di corrente è generato dal sistema di gestione della batteria (BMS) ed utilizzato dalla scheda di controllo. Tipicamente , il BMS genera il riferimento di corrente su una uscita open collector, tramite un segnale ad onda quadra di pochi kHz (secondo norma 1 kHz), qui di seguito indicato con BMS PWM. Il duty-cycle del segnale PWM BMS varia proporzionalmente con la corrente di carica richiesta: un valore del 10 % (duty-cycle= 10%) rappresenta la corrente di carica minima mentre il 90 % rappresenta la corrente di carica massima.

2.4 Modalità di alimentazione del motore

Il convertitore AC-DC opera come un inverter e alimenta un motore a induzione. La tensione lato AC dell'inverter è comandata anch'essa con la SVM PWM. Il motore è controllato in base alla strategia di V / f .

2.5 Unità di controllo

Lo IBC è dotato di un'unità di controllo che comprende una scheda di controllo ed un pannello di controllo con tastiera , display e comandi per l'azionamento e dati di I / O.

2.6 Descrizione hardware

La tensione proveniente della stazione di ricarica (tensione concatenata alla rete BT) è $400V_{rms} \pm 10\%$. La stazione di ricarica eroga una potenza nominale di 43kW e una corrente nominale di 63 Arms linea. Le componenti fondamentali delle correnti di linea assorbite dal raddrizzatore sono in fase con le rispettive tensioni di fase della stazione di ricarica .

Interfaccia ed informazioni relative al funzionamento in ricarica sono standardizzati nella norma CEI EN 61851-1. Il segnale di comunicazione è di tipo PWM .

2.7 Ricarica della batteria

Il filtro AC deve soddisfare i requisiti di distorsione della corrente (armoniche e THD) stabiliti dalla CEI EN 61000-3-2 per correnti dalla rete inferiori a 16 Arms e dalla CEI EN 61000-3-12 per correnti superiori a 16 Arms e inferiore a 75 Arms.

La tensione c.c. ai capi del condensatore di uscita del raddrizzatore è regolata ad un valore costante V_{DC} . Tale tensione deve garantire che il raddrizzatore funzioni alla corrente nominale e soddisfi le norme EN 61000-3-2/12 CEI , anche quando la tensione di rete raggiunge il massimo valore (cioè 440Vrms). L'analisi numerica sul modello circuitale ha indicato che un valore di 720V può essere un valore ragionevole per V_{DC} .

La tensione di uscita del chopper buck varia da 215V a 400V , e la corrente massima del chopper buck c.c. è 200A (alla minima tensione). Il filtro DC all'uscita del chopper buck regola la corrente di carica della batteria con un ripple massimo pari al 3 % della corrente massima.

2.8 Alimentazione del motore.

Il valore di V_{CC} è uguale alla tensione di batteria.

E' previsto un circuito (non riportato in figura) per scaricare il C_{DC} condensatore quando lo IBC non è in funzione e per pre-caricarlo quando IBC viene attivato. La tensione sul condensatore è di circa 720V in modalità di carica della batteria mentre si equipara alla tensione della batteria in modalità di alimentazione del motore .

Apposita circuiteria interrompe il funzionamento del convertitore AC- DC e il chopper buck se

- i) la tensione del IBC (lato c.c.) supera il valore massimo di 750V ,
- ii) la corrente DC all'uscita del chopper supera 200A .

Per scopi di protezione, devono essere inseriti adatti fusibili tra la stazione di ricarica e il filtro e tra l'uscita chopper e la batteria .

Un interruttore trifase a due posizioni è utilizzata per scollegare gli ingressi del convertitore AC -DC dal filtro c.a. e collegarlo ai morsetti del motore asincrono trifase quando la modalità operativa passa da "ricarica batteria" a "alimentazione del motore". Per lo stesso scopo, un interruttore a due posizioni è utilizzato per scollegare la batteria dal uscita del chopper buck e per collegarlo al lato c.c. del convertitore AC -DC . Connessioni opposte si attuano quando la modalità operativa passa da "alimentazione del motore" a "ricarica batteria".

2.9 Interfaccia utente e Impostazioni Funzionalità

Tastiera, display e controlli sono installati sul pannello di controllo di IBC. Mediante la tastiera , l' utente imposta la modalità di funzionamento e quindi i parametri di funzionamento. In modalità ricarica della batteria, la prima selezione consiste nell'abilitazione del BMS , se presente. Se il BMS non c'è, devono essere impostati i seguenti parametri operativi:

- corrente di carica batteria
- soglia minima di corrente della batteria per il funzionamento
- massima tensione di carica della batteria

In modalità di alimentazione del motore, sono impostati i seguenti parametri:

- massima e minima tensione di batteria ,
- velocità minima del motore
- velocità di salita

Per tensioni di batteria al di fuori dalla gamma consentita, il funzionamento viene arrestato in un modo sicuro per l'apparecchiatura. Per correnti della batteria inferiori alla soglia minima di corrente, la ricarica della batteria è arrestata .

Tramite il display , l'utente può controllare se in modalità di carica: tensione e corrente di batteria, la corrente di linea della macchina, le tensioni di fase ai morsetti di stazione di ricarica. Se in modalità di alimentazione del motore: tensione della batteria, correnti di fase della macchina, velocità del motore.

La macchina è accesa e spenta mediante i controlli, le luci di segnalazione sono attivate/ disattivate e, eventualmente, possono essere attivate funzioni di base come la modalità di funzionamento e l'abilitazione BMS .

L'apparecchiatura IBC deve essere dotata di una porta seriale per lo scambio di dati con un PC . Sono resi disponibili programmi adatti per permettere la comunicazione tra il PC e la scheda di controllo e per svolgere i seguenti servizi :

- a) l'impostazione dei parametri di funzionamento di cui sopra e la verifica dei valori già impostati ;
- b) acquisizione e rappresentazione tempo - grafica sul monitor del PC delle seguenti grandezze : tensione della batteria , corrente, IBC Correnti di fase batteria , tensioni di fase ai morsetti di stazione di ricarica , velocità del motore ;
- c) data logging degli ultimi 1000 campioni acquisiti alla frequenza imposta dall'algoritmo di controllo..

2.10 Dimensioni e pesi.

L'apparecchiatura deve essere fornita in un contenitore delle seguenti dimensioni massime:

350 mm x 250 mm x 950 mm,

per poter essere collocato a bordo veicolo.

Sempre per esigenze legate alla collocazione all'interno del veicolo, il peso complessivo dell'apparecchiatura deve essere, come ordine di grandezza, intorno ai 25 kg (o inferiore, ovviamente).

3 Realizzazione del caricabatterie reversibile

Il caricabatterie reversibile è realizzato da FIB S.r.l. (ex FAAM), che si è aggiudicata la gara espletata all'uopo.

La progetto definitivo eseguito da FIB srl è stata attuato realizzando un primo modulo alimentato in c.a monofase per la validazione del sistema ed un secondo modulo in trifase con diversificazione dei componenti di potenza atti a lavorare a tensioni inverse superiori.

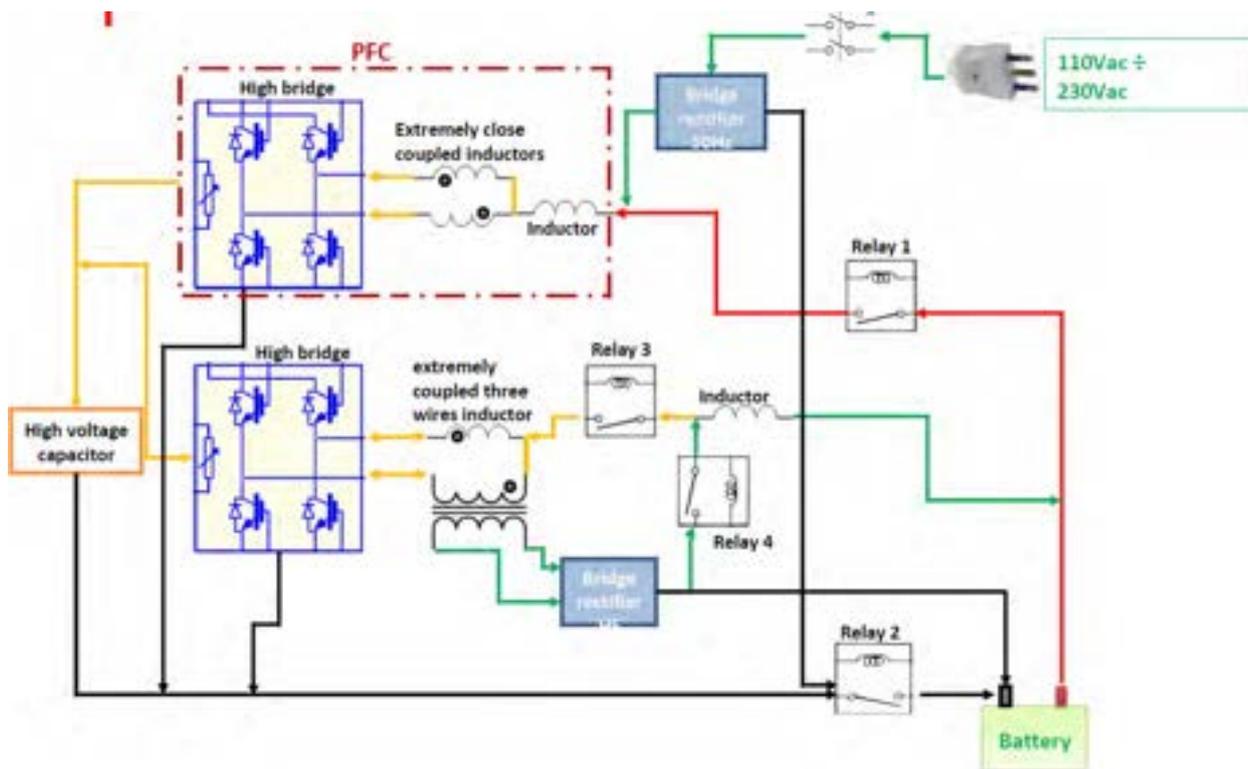


Figura 6. Schema generale (FIB)

In figura 6 è indicato lo schema generale che mostra sinteticamente i blocchi di potenza presenti, i ponti raddrizzatori , i relè di scambio e le induttanze.

Il caricabatteria integrato comprende un PFC (Power Factor Correction) , un inverter che e costituito da due stadi connessi in serie che realizzano le diagonali di un ponte ad H. L’inverter alimenta il primario di un trasformatore ad alta frequenza il cui secondario e collegato ad un raddrizzatore ad alta frequenza e attraverso un rele e collegato a dispositivi di filtro per la tensione di ingresso della batteria.

Il PFC (Power correction factor) "Correzione del Fattore di Potenza" attende all' operazione di modificare il fattore di potenza di un carico in modo da portarne il valore quanto più vicino all' unità. Tornando alla descrizione del circuito in uscita al PFC ci sono dei condensatori ad alta tensione per livellare la tensione uscente dal PFC e ottenere una tensione continua.

Il secondo ponte realizza le diagonali di un ponte ad H ad alta frequenza, la cui uscita alimenta il primario di un trasformatore ad alta frequenza il cui secondario fornisce la tensione ad un ponte raddrizzatore a diodi ad alta frequenza. L’uscita di questo è collegato ad un filtro, dopodichè si entra in batteria.

Le prestazioni progettuali prevedono :

- Tensione di ingresso a.c. 230 V (isolata)
- Tensione di ingresso a.c. 400 V (isolata) con la modifica dei component attivi (IGBT) e dei filtri

- Inverter trifase con potenza in uscita 20/40 KW con raffreddamento ad aria o acqua
- Efficienza a 400 V, 200 A 99%
- Frequenza di commutazione 15/18 khz

DC/DC Buck converter

Tensione di ingresso da batteria 100/350 V

Efficienza a 200 v 200° > 98%

Frequenza di commutazione 30/40 kHz



Figura 7 . Blocco di potenza del caricabatterie integrale



Figura 8 . blocco di controllo

Il controllo è sviluppato utilizzando un kernel basato sulle risorse di un DSP in virgola mobile ed un FPGA . Il controllo include due linee CAN per le comunicazioni , un modulo di interfaccia per i resolver, un modulo di interfaccia con il veicolo, un modulo di interfaccia con il bus di potenza.

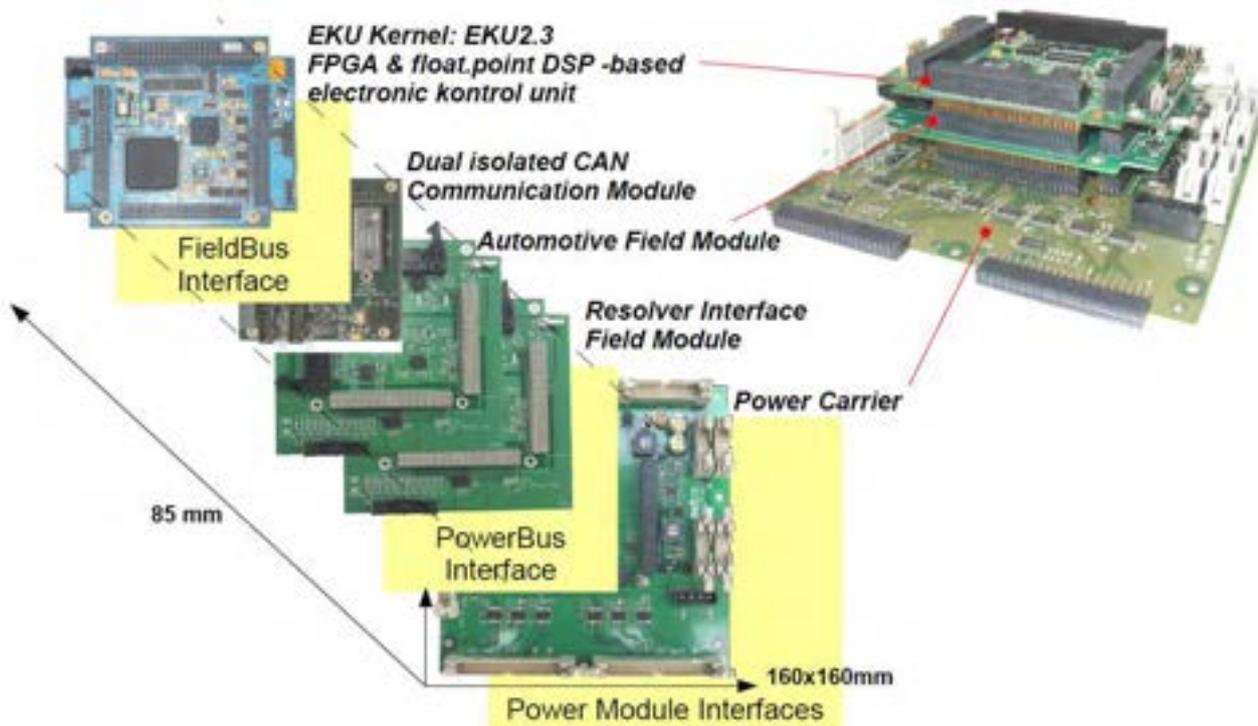


Figura 9 . Elettronica di controllo

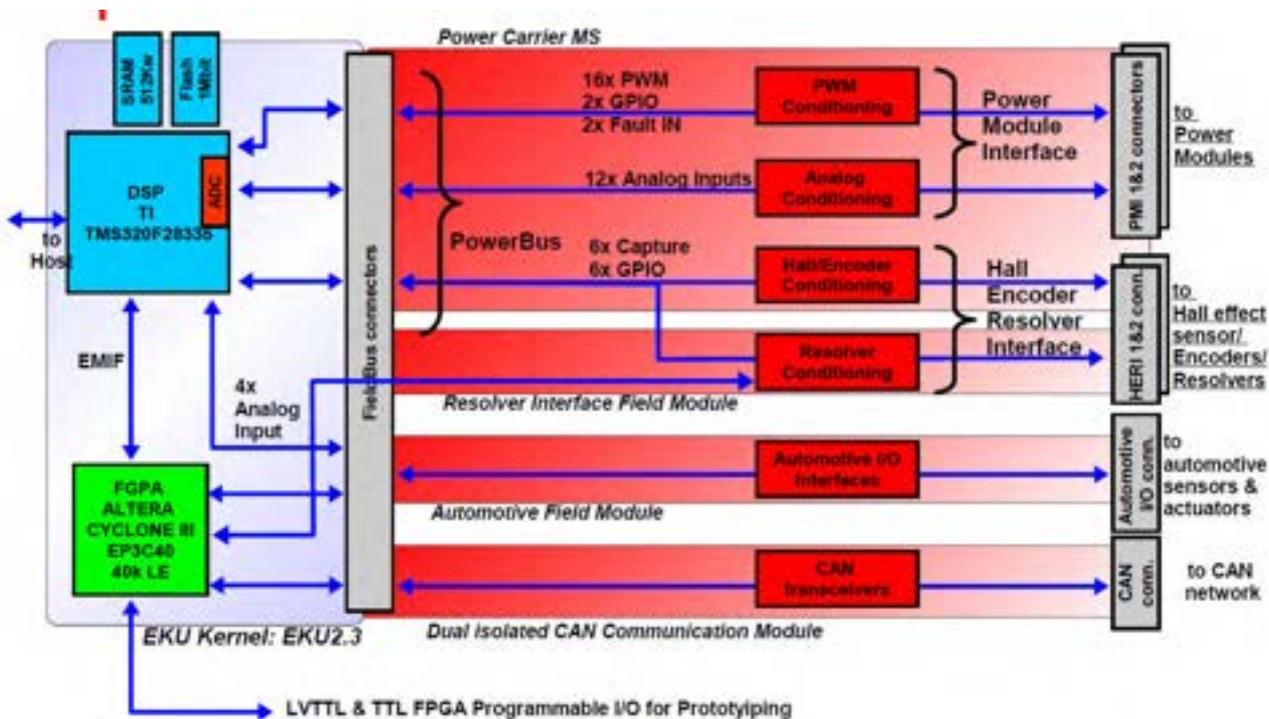


Figura 10 . Schema a blocchi sistema di controllo

4 Conclusioni

La progettazione del caricabatterie integrale è stata eseguita in relazione alle richieste nate nella precedente annualità della RdS. Il progetto è stato eseguito dapprima per alimentazione monofase per essere successivamente allargato alla rete trifase. Il circuito è dotato di un sistema di correzione del fattore di potenza per limitare le potenze reattive sulla rete e di un circuito di conversione DC/DC per adeguare la tensione delle batterie a quella del bus DC che è superiore per le esigenze di poter mantenere lo sfasamento a valori unitari.

La macchina realizzata concentra in uno spazio e volume contenuti, tali da poter essere installata a bordo veicolo, prestazioni corrispondenti a quelle del caricabatteria stazionario CHAdeMO, oggetto del SubTask a2. Infatti la potenza disponibile in fase di ricarica (43 kW), che è limitata dalla corrente massima del Connettore di tipo 2 (63 A), è solo di poco inferiore alla potenza (50 kW) del caricabatteria stazionario, di ben diverso peso ed ingombro, ed è comunque sufficiente alla ricarica all'80% in ½ h della batteria di bordo di una autovettura media come la Nissan Leaf.

5 Abbreviazioni ed acronimi

BEV	Battery Electric Vehicle
BT	Bassa Tensione
DC	Direct Current
c.c.	Corrente continua
c.a.	Corrente alternata
PWM	Pulse Width Modulation
IBC	Integrated Battery Charger